



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 02 815 A 1**

⑥① Int. Cl.⁶:
H 01 P 1/202

②① Aktenzeichen: 196 02 815.9
②② Anmeldetag: 26. 1. 96
④③ Offenlegungstag: 8. 8. 96

DE 196 02 815 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
27.01.95 IL 112465

⑦① Anmelder:
State of Israel - Ministry of Defence Armament
Development Authority, RAFAEL, Haifa, IL

⑦④ Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑦② Erfinder:
Kryger, David M., Karmiel, IL

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥④ Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtung mit Kreuzkopplung

⑤⑦ Eine Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtung zur Übertragung eines Signals in einem vorgegebenen Frequenzband umfaßt ein Gehäuse mit einer Kammer, die einen Boden aufweist und einen gegenüber angebrachten, abnehmbaren Deckel. Die Kammer ist mit Signaleingabe- und Signalausgabeanschlüssen versehen und beherbergt eine Mikrowellenresonatorkaskadenanordnung, bei welcher der erste Resonator mit dem Eingabeanschluß und der letzte Resonator mit dem Ausgabeanschluß verbunden ist. Die Kaskadenanordnung umfaßt eine Vielzahl von Mikrowellenresonatoren, von denen jeder einen äußeren Leiter und davon getrennt einen individuellen inneren Leiter aufweist. Jeder der inneren Leiter erstreckt sich zwischen einander gegenüberliegenden Seiten der Kammer, indem er mit der einen Seite verbunden ist und kurz vor der anderen Seite endet. Die Resonatoren jedes aufeinanderfolgenden Paares sind direkt elektrisch gekoppelt und die Resonatoren mindestens eines Paares sind kapazitiv gekreuzgekoppelt. Die gekreuzgekoppelten Resonatoren sind dadurch gekennzeichnet, daß die Kreuzkopplung durch eine kapazitive Kreuzkopplungsvorrichtung erfolgt. Sie sind auch dadurch gekennzeichnet, daß sie durch mindestens einen anderen Resonator der Kaskadenanordnung voneinander getrennt sind und daß sie physisch nahe beieinander angeordnet sind, wobei ein Teil ihres gemeinsamen äußeren Leiters zwischen ihnen angeordnet ist.

E 196 02 815 A 1

GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtungen, die einen oder mehrere getrennte Filter verwenden, zur Verwendung in einem großen Gebiet von Anwendungen, wie beispielsweise in Duplexern für mobile Satellitenkommunikationen

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Mikrowellenbandpaßfilter umfassen in der Regel eine Vielzahl von Mikrowellenresonatoren, von denen jeder aus einem ersten Leiter und möglicherweise aus einem zweiten externen Leiter, der im wesentlichen koaxial zum ersten Leiter angeordnet ist besteht (für ein detaillierte Beschreibung der Struktur und des Betriebs von Mikrowellenbandpaßfiltern, siehe Matthaei G.L.; Young L. und Jones E.M.T., Microwave Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structures, McGraw Hill, 1964). Mikrowellenbandpaßfilter werden unter anderem in Duplexern für mobile Satellitenkommunikationen verwendet, die in tragbaren Einheiten untergebracht sind, die einen Sender, einen Empfänger und eine zusammenklappbare Antenne enthalten. Der Sender und der Empfänger arbeiten auf zwei verschiedenen, dicht beieinanderliegenden Frequenzen und verwenden eine gemeinsame Antenne für die Kommunikation mit dem Satellit. Durch Packungsbeschränkungen muß der Duplexer zwei Anforderungen erfüllen: er muß so klein wie möglich sein, während er einen optimalen Filterwirkungsgrad aufrecht erhält. Da Mikrowellenfilter aus einer Kaskade von Resonatoren hergestellt sind, erzwingt die vorstehende Forderung eine minimale Zahl von Resonatoren mit dem kleinstmöglichen Ausmaßen, wobei die zweite Anforderung eine hohe Abschneiderate der Filterantwort und einen minimalen Verlust im Durchlaßband bedingt.

Bandpaßfilter, basierend auf einer Kaskade von Resonatoren sind aus dem Stand der Technik gut bekannt (Levy & Cohn, 1964, IEEE Trans. Microwave Theory and Design, MTT-32,1055). Um höhere Abschneideraten zu erzielen, wurde die Verwendung einer Kaskade von Mikrowellenresonatoren unter Verwendung einer Kreuzkopplung als Zusatz zur direkten Kopplung vorgeschlagen (Dishal, 1956, US-Patent 2,749,523). Nach Dishal wird eine direkte Kopplung erreicht durch eine elektrische oder magnetische Kopplung jedes Mikrowellenresonators mit dem nachfolgenden Resonator in der Kaskadenanordnung, und eine Kreuzkopplung wird erzielt, indem man wechselnde Resonatoren in der Kaskadenanordnung koppelt, indem man sie mit einem Paar von Kopplungsleitungen, die durch Meßfühler abgeschlossen sind, verbindet, wobei die unerwünschte Folge auftritt, daß die Kreuzkopplungsleitungen außerhalb der Resonatoren verlaufen müssen, und daß die Kopplungsleitungen ein Mehrfaches einer viertel Wellenlänge lang sein müssen. Diese beiden Einschränkungen führen zu einer doppelten Einschränkung, wenn man eine enge Packung in Betracht zieht.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtung zu schaffen, die kleine Ausmaße aufweist, die einen verbesserten Wirkungsgrad der Filtervorrichtung bezüglich der Abschneiderate, des Verlustes des Durchlaßbandes und der Unterdrückung der außerhalb des Durchlaßbandes lie-

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Gemäß der Erfindung wird eine Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtung für die Übertragung eines Signals in einem vorgegebenen Frequenzband zur Verfügung gestellt, die ein Gehäuse aufweist mit einer Kammer, die einen Boden besitzt und entgegengesetzt davon angeordnet einen abnehmbaren Deckel, wobei die Kammer mit Signaleingabe- und Signalausgabeanschlüssen versehen ist und eine Mikrowellenresonatorkaskadenanordnung beherbergt, bei welcher der erste Resonator mit dem Eingangsanschluß verbunden ist und der letzte Resonator mit dem Ausgangsanschluß verbunden ist, wobei die Kaskadenanordnung eine Vielzahl von Mikrowellenresonatoren umfaßt, von denen jeder einen äußeren Leiter und einen davon getrennten einzelnen inneren Leiter aufweist, wobei sich jeder der inneren Leiter zwischen zwei entgegengesetzten Seiten der Kammer erstreckt, indem er mit seinem festen Ende an einer der beiden sich gegenüberstehenden Seiten der Kammer befestigt ist und kurz vor der anderen Seite der beiden gegenüberstehenden Seiten der Kammer aufhört, und einen ersten Teil besitzt, der im wesentlichen elektrisch leitend ist und einen zweiten Abschnitt, der im wesentlichen elektrisch kapazitiv ist, so daß die Seite der Kammer, die gegenüber dem freien Ende liegt, eine Lastkapazität mit dem freien Ende bildet; wobei in der Kaskade von Mikrowellenresonatoren die Resonatoren jedes aufeinanderfolgenden Paares direkt elektrisch gekoppelt sind und die Resonatoren mindestens eines Paares kapazitiv kreuzgekoppelt sind, wobei die kreuzgekoppelten Resonatoren gekennzeichnet sind dadurch daß

- (i) sie mindest durch einen anderen Resonator der Kaskadenanordnung getrennt sind;
- (ii) sie im wesentlichen physikalisch nahe aneinander angeordnet sind, unter Zwischenfügung eines Teils ihres gemeinsamen äußeren Leiters; und
- (iii) die Kreuzkopplung durch eine kapazitive Kreuzkopplungsvorrichtung erzielt wird.

Vorzugsweise ist dieses mindestens eine Paar von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren getrennt durch eine gerade Anzahl von Resonatoren in der Kaskadenanordnung.

Wenn es gewünscht wird, können die Teile des inneren Raumes der Kammer, die nicht durch diese inneren und äußeren Leiter besetzt sind, mit einem dielektrischen Material gefüllt sein.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Bandpaßfilter vom Kammlinientyp, bei welchem die inneren Leiter der Vielzahl von Mikrowellenresonatoren sich alle von der gleichen Seite der Kammer aus erstrecken.

In einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist das Bandpaßfilter vom interdigitalen Typ, bei welchem die inneren Leiter der Vielzahl von Mikrowellenleiter sich wechselnd von entgegengesetzten Seiten der Kammer aus erstrecken.

Üblicherweise ist die eine Seite der einander gegenüberstehenden Seiten der Kammer der Boden und die andere Seite der Deckel.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kammer in Hohlräume unterteilt, von denen sich jeder in einer Linie mit dem äußeren Leiter befindet und einen im wesentlichen koaxialen inneren Leiter beherbergt.

Bei dieser Ausführungsform kann der Querschnitt der inneren und äußeren Leiter gleich oder verschieden sein, wobei er üblicherweise rund oder polygonal, beispielsweise rechtwinklig ist.

In der obigen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die angesprochene direkte Kopplung in Form einer Öffnung im äußeren Leiterteil, das ein Paar aufeinanderfolgender Resonatoren in der Kaskadenanordnung trennt. Vorzugsweise erstreckt sich die Öffnung in einem Hauptteil der kapazitiven und induktiven Gebiete der direkt gekoppelten Resonatoren.

In einem erfindungsgemäßen Mikrowellenbandpaßfilter bedeutet die kapazitive Kreuzkopplung, daß mindestens ein Paar kapazitiv kreuzgekoppelter Resonatoren eine Kreuzkopplungsöffnung in einem äußeren Leiterteil umfaßt, das die inneren Leiter des Paares voneinander trennt, wobei ein Paar elektrisch leitender Verlängerungsteile sich zueinander mit einem Abstand erstrecken, wobei jedes der Verlängerungsteile von einem der inneren Leiter absteht. Vorzugsweise handelt es sich bei jedem der leitenden Verlängerungsteile mindestens um einen leitenden Draht.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Kreuzkopplungsöffnung überwiegend im kapazitiven Bereich des mindestens einen Paares von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren angeordnet, was zu einer Erhöhung der Kreuzkopplungskapazität führt.

Die elektrisch leitenden Verlängerungsteile können jede passende Konfiguration aufweisen und können beispielsweise aus einem passenden Abstandshalter oder aus einem gebogenen Endteil bestehen. Die beabstandete Beziehung der beiden leitenden Teile kann durch ein Aufhören kurz voneinander oder durch sich miteinander erstreckende zueinander beabstandete Endteile erzielt werden. In jedem Fall kann, wenn dies gewünscht wird, ein dielektrisches Material dazwischen angeordnet werden.

Der Wert der Kreuzkopplungskapazität, die zwischen einem Paar kapazitiv kreuzgekoppelter Resonatoren ausgebildet wird, hängt ab von der Art dieser elektrisch leitenden Verlängerungsteile, dem Abstand zwischen ihnen, der Größe und der Position der kreuzkoppelnden Öffnung und anderer Umgebungsfaktoren, wie beispielsweise der Kapazität zwischen dem Deckel und den Verlängerungsteilen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt das Bandpaßfilter eine Kreuzkopplungsfineabstimmvorrichtung für das Verändern des Wertes der Kreuzkopplungskapazität. In einer Ausführungsform enthält die Kreuzkopplungsfineabstimmvorrichtung eine Abstimmungsschraube, die durch den Deckel in die kreuzkoppelnde Öffnung in der Nähe der Lücke zwischen dem Paar der leitenden Verlängerungsteile reicht. Andere für sich bekannte Kreuzkopplungsfineabstimmvorrichtungen können verwendet werden.

Wie nachfolgend genauer erläutert wird, wird die Mittenfrequenz des Mikrowellenbandpaßfilters durch die Resonanzfrequenz der Mikrowellenresonatoren in der Kaskadenanordnung bestimmt, das heißt, durch die dielektrische Konstante des Materials, das die Kammer füllt, die Abmessungen der inneren und äußeren Leiter und den Wert der Kapazität zwischen dem freien Ende des inneren Leiters und dem Gehäusedeckel (nachfolgend als "Lastkapazität" bezeichnet). Wahlweise kann das freie Ende des inneren Leiters verbunden sein mit einer Kapazitätsrobinetteneinrichtung für ein Verändern des Wertes der Lastkapazität. Somit kann, wenn beispielsweise der Wert der Lastkapazität erhöht wer-

den soll, das freie Ende des inneren Leiters mit einer dünnen leitenden Scheibe abgedeckt sein, die einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durchmesser des inneren Leiters. Wenn umgekehrt der Wert der Lastkapazität verkleinert werden soll, so kann das freie Ende des inneren Leiters abgerundet werden.

Sofern gewünscht kann der Wert der Lastkapazität durch Verwendung einer Kapazitätsfeinabstimmvorrichtung verändert werden, beispielsweise einer Abstimmungsschraube, die durch den Deckel sich direkt gegenüber dem freien Ende jedes inneren Leiters erstreckt.

Die oben beschriebenen Ausführungsformen betreffen alle ein einzelnes Filter zur Übertragung eines vorbestimmten Frequenzbandes. Wie der Fachmann leicht erkennt, kann die Bandpaßfiltervorrichtung der Erfindung auch als ein Multiplexer dienen, der aus zwei oder mehreren einfachen Filtern der beschriebenen Art besteht, wobei jedes so ausgebildet ist, daß es ein vorbestimmtes unterschiedliches Frequenzband überträgt, wobei jeder sowohl einen getrennten Anschluß für die Eingabe oder die Ausgabe aufweist und einen allen Filtern gemeinsamen Anschluß, der bei jedem der einzelnen Filter entweder fallweise zur Ausgabe oder zur Eingabe dient.

Somit ist gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung eine Multiplexermikrowellenbandpaßvorrichtung angegeben, die mindestens zwei Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtungen aufweist, von denen jeder ein spezielles Frequenzband überträgt mit keiner oder nur einer teilweisen Überlappung des Frequenzbandes, das von irgend einer der anderen Vorrichtungen übertragen wird, wobei mindestens zwei Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtungen ein gemeinsames Gehäuse teilen, wobei jede Filtervorrichtung einen getrennten Anschluß hat, der entweder für die Eingabe oder für die Ausgabe verwendet wird und mit einem Sender oder Empfänger verbunden ist, der in einem getrennten Frequenzband arbeitet, und einen allen Filtern gemeinsamen Anschluß, der für jeden Filter entweder als Eingang oder als Ausgang dient, wobei jede der mindestens zwei Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtungen eine Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtung umfaßt zur Übertragung eines Signals in einem vorgegebenen Frequenzband, wobei die Vorrichtung ein Gehäuse umfaßt mit einer Kammer, die einen Boden aufweist und einen gegenüber angebrachten abnehmbaren Deckel, wobei die Kammer mit Signaleingangs- und Signalausgangsanschlüssen versehen ist und eine Mikrowellenresonatorkaskadenanordnung beherbergt, in welcher der erste Resonator mit dem Eingangsanschluß und der letzte Resonator mit dem Ausgangsanschlüssen verbunden ist, wobei die Kaskadenanordnung eine Vielzahl von Mikrowellenresonatoren umfaßt, von denen jeder einen äußeren Leiter und getrennt davon einen einzelnen inneren Leiter aufweist, wobei sich jeder innere Leiter zwischen zwei einander gegenüberstehenden Seiten der Kammer erstreckt, indem er mit seinem festen Ende an einer Seite befestigt ist und mit seinem freien Ende im wesentlichen kurz vor der anderen Seite aufhört, und einen ersten Abschnitt aufweist, der im wesentlichen elektrisch leitend ist und einen zweiten Abschnitt, der im wesentlichen elektrisch kapazitiv ist, so daß die Seite der Kammer gegenüber dem freien Ende eine Lastkapazität mit dem freien Ende ausbildet; in welcher Kaskade von Mikrowellenresonatoren die Resonatoren in jedem aufeinanderfolgenden Paar direkt elektrisch gekoppelt sind und die Resonatoren mindestens eines Paares kapazitiv kreuzgekoppelt sind, wobei die kreuzgekoppelten Resonatoren dadurch

gekennzeichnet sind, daß:

- (i) sie mindestens durch einen anderen Resonator der Kaskadenanordnung getrennt sind;
- (ii) sie im wesentlichen physikalisch nahe aneinander angeordnet sind, unter Zwischenfügung eines Teils ihres gemeinsamen äußeren Leiters; und
- (iii) die Kreuzkopplung durch eine kapazitive Kreuzkopplungsvorrichtung erzielt wird.

Gemäß einer Ausführungsform umfaßt die erfindungsgemäße Multiplexerbandpaßfiltervorrichtung nur zwei Mikrowellenresonator-kaskaden der Art die für die Verwendung in einer tragbaren Einheit für die mobile Satellitenkommunikation verwendet wird. Typischerweise enthält die tragbare Einheit einen Sender, einen Empfänger und eine zusammenklappbare Antenne. Der Sender und der Empfänger arbeiten auf zwei dicht beieinanderliegenden unterschiedlichen Frequenzen und verwenden für die Kommunikation mit dem Satellit eine gemeinsame Antenne.

Es sei angemerkt, daß verschiedene Ausführungsformen und Modifikationen, die in Bezug auf den einzelnen Bandpaßfilter beschrieben wurden, auch auf eine erfindungsgemäße Multiplexervorrichtung angewandt werden können, und umgekehrt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Zum besseren Verständnis wird die Erfindung nun nur beispielhaft unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in welchen

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Einzelbandpaßfiltervorrichtung mit weggenommenem Deckel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

Fig. 2 eine Aufsicht der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung ist, die teilweise in der Ebene, die die elektrisch leitenden Verlängerungsteile enthält, geschnitten ist;

Fig. 3 ein Querschnitt entlang der Linie III-III in Fig. 1 ist;

Fig. 4 ein Querschnitt entlang der Linie IV-IV ist;

Fig. 5 zwei Kurven der übertragenen Energie relativ zur Eingangsenergie zeigt für die Einzelfilterausführungsform der Fig. 1 bis 4, eine mit und die andere ohne die Kreuzkopplungsvorrichtung; und

Fig. 6 die übertragene Energie relativ zur Eingangsenergie für jede der zwei Filtervorrichtungen gemäß der Fig. 1 bis 4 zeigt, die zusammen eine Diplexvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung bilden

GENAUE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Die untenstehende Beschreibung konzentriert sich auf Mikrowellenbandpaßkammlinienfilter. Es sei jedoch angemerkt, daß sie auch mutatis mutandis auf andere Arten von Mikrowellenbandpaßfilter, beispielsweise Interdigitalfilter anwendbar ist.

Üblicherweise umfaßt ein Kammlinienfilter eine Kaskadenanordnung direkt gekoppelter Resonatoren, die üblicherweise an einem Ende geerdet sind. Das Gestaltungsverfahren und der Betrieb solcher Filter ist Fachleuten wohl bekannt (siehe beispielsweise Matthaei, 1963, Microwave Journal, 6, 82) und wird deswegen hier nicht erläutert.

Man betrachte als erstes Fig. 1, die eine perspektivische Ansicht eines einzigen Mikrowellenbandpaßfilters mit abgehobenen Deckel gemäß einer Ausführungs-

form der vorliegenden Erfindung zeigt und bei Gelegenheit auch die Fig. 2 bis 4, die eine Aufsicht und zwei geschnittene Seitenansichten davon zeigen.

Wie dargestellt ist, umfaßt der Filter 1 ein Gehäuse 2, das eine Kaskadenanordnung von vier Mikrowellenresonatoren 4, 6, 8 und 10 enthält, die jeweils einen Hohlraum im Gehäuse 2 bilden, wobei die Hohlraumwände (das heißt, die Außenleiter) 11, 12, 13 und 14 sich jeweils in einer Linie mit dem Deckel 35 befinden, wenn dieser sich an seiner Position befindet, und der Boden des Gehäuses 50 die Grenzen der vier Resonatoren festlegt. In den Hohlräumen sind innere Leiter 16, 18, 20 und 22 untergebracht, von denen jeder mit leitenden runden Scheiben 25 mit einem größeren Durchmesser bedeckt ist und die alle gemeinsam mit dem Boden des Gehäuses geerdet (kurzgeschlossen) sind. Da die leitenden runden Scheiben die freien Enden der inneren Leiter abdecken, werden diese aus Verstärkungszwecken zu den freien Enden der inneren Leiter, die sie abdecken und daher bezieht sich die Bezugszahl 25 auf beide. Ein Eingangsanschluß 27 ist mit dem ersten Resonator 4 in der Kaskadenanordnung verbunden und ein Ausgangsanschluß 28 ist mit dem letzten Resonator 10 verbunden. Wie gezeigt ist, sind die Anschlüsse unter Verwendung leitender Drähte verwirklicht, die von den jeweiligen inneren Leitern sich erstrecken und die Hohlraumwände durchdringen, ohne sie zu berühren.

Eine direkte Kopplung zwischen den aufeinanderfolgenden Resonatoren 4 und 6 in der Kaskadenanordnung wird durch eine direkte Kopplungsöffnung 30 erreicht, die sich durch einen Hauptteil der Hohlraumwand erstreckt, die die aufeinanderfolgenden Resonatoren 4 und 6 trennt. Ebenso dienen die direkt koppelnden Öffnungen 31 und 32 zur direkten Kopplung der Resonatoren 6, 8 beziehungsweise 8, 10.

Die Dimensionen der direkt koppelnden Öffnungen 30, 31 und 32 werden so gewählt, daß sie groß genug sind, einen möglichst ungehinderten Durchgang der Energie von einem Resonator zum nächsten in der Kaskadenanordnung für Signale zu ermöglichen, die Inbandfrequenzen aufweisen. Die Kreuzkopplungsöffnung 34 ist andererseits auf einen relativ schmalen Bereich gegenüber den freien (abgedeckten) Enden 25 der inneren Leiter 16 und 22 beschränkt.

Der Deckel 35 ist abnehmbar am Gehäuse 2 durch (nicht gezeigte) Schrauben befestigt. In seiner geschlossenen Position trägt der Deckel zur Ladungskapazität der vier inneren Leiter bei. Wie gezeigt ist, enthält der Deckel vier Abstimmungsschrauben 36, die direkt oberhalb des Zentrums der Scheiben 25 angeordnet sind, die die inneren Leiter abdecken, und somit eine feine Einstellung der Belastungskapazität erlauben. Die inneren Leiter sind abgedeckt, um den Wert der Lastkapazität zu erhöhen, ohne die Entfernung zwischen den Enden der inneren Leiter und dem Deckel übermäßig zu verkleinern. Eine zusätzliche Schraube 37 dient als Kreuzkopplungsfineinstellvorrichtung für ein Verändern der Kreuzkopplungskapazität und sie ist direkt gegenüber der Mitte der Kappe zwischen den Verlängerungsteilen 40 angeordnet.

Fig. 3 zeigt klar den Größenunterschied zwischen der Kreuzkopplungsöffnung 34 und der Direktkopplungsöffnung 31. Wie gezeigt ist, ist die Abstimmungsschraube 37 durch den Deckel 35 hindurchgeschraubt und ist direkt über der Lücke zwischen den Verlängerungsteilen angeordnet. Der Punkt unterhalb der Schraube 37 ist der Längsquerschnitt des Verlängerungsteils 40.

Es sei angemerkt, daß das kurzgeschlossene Ende der

Mikrowellenresonatoren hauptsächlich von magnetischer oder induktiver Art ist, wohingegen das geladene Ende hauptsächlich von elektrischer oder kapazitiver Art ist. Die direkte Kopplung zwischen Resonatoren, die am gleichen Ende geerdet sind, ist gleich dem Unterschied zwischen der magnetischen und elektrischen Kopplung.

Typischerweise wird für eine isolierten offenen Resonator die Länge des Mikrowellenresonators so gewählt, daß sie einem Viertel der Resonanzwellenlänge entspricht. In einem Kammlinienfilter jedoch, das aus einer Kaskadenanordnung von direkt gekoppelten offenen Resonatoren besteht, wird die direkte Kopplung zwischen den Resonatoren ausgelöscht, wenn das Kopplungsgebiet eine Länge von einer viertel Wellenlänge aufweist. Um die gewünschte Resonanzfrequenz der Mikrowellenresonatoren in der Kaskadenanordnung zu erhalten und um zur gleichen Zeit die direkte Kopplung zwischen aufeinanderfolgenden Resonatoren aufrecht zu halten, sollte die Länge des Kopplungsgebietes zwischen nebeneinanderliegenden Resonatoren auf ungefähr ein Achtel der Resonanzwellenlänge oder weniger vermindert werden. Das Einstellen der Länge des Kopplungsbereiches kann durch Aufrechterhalten der ursprünglichen Länge des inneren Leiters und durch Beschränken des Kopplungsbereiches auf die gewünschte Länge durch Einfügen einer Öffnung in die Hohlraumwand, die nebeneinanderliegende Resonatoren trennt, erfolgen oder durch eine Reduzierung der Länge des inneren Leiters und mit ihr der Gesamtlänge des Resonators und zugleich der Hinzufügung von Lastkapazitäten am freien Ende jedes Resonators. Diese letztere Ausführungsform bietet den Vorteil, die Ausmaße des Filters verkleinern zu können. Die Lastkapazität verschiebt den Wert der Resonanzfrequenz zurück auf den, der existierte, bevor die Länge des inneren Leiters verkürzt wurde und sie wird verwirklicht, indem ein leitender Deckel in einer kleinen Entfernung vom freien Ende jedes Resonators angebracht wird. Bei der obigen Diskussion wurde angenommen, daß die anderen Ausmaße der Resonatoren fest sind. Im Falle eines Resonators mit einer zylindrischen Form ist die Frequenz auch eine Funktion der Radien der inneren und äußeren Leiter. Bei jedem Entwurfsverfahren können diese Radien jedoch für einen einzelnen Resonator berechnet werden und die gleichen Werte können für die Resonatoren verwendet werden, die das Filter umfassen. Obwohl die Resonanzfrequenz der Resonatoren in der Kaskadenanordnung durch die Kopplung zwischen den Resonatoren verändert wird, kann man sie wieder durch eine passende Einstellung der Lastkapazität zurückgewinnen. Ein anderer Faktor, der die Resonanzfrequenz des Resonators beeinflusst, ist die dielektrische Konstante des Materials, das den Bereich zwischen den inneren und äußeren Leitern füllt. Die Diskussion der Handhabung dieses Faktors ist ähnlich der, wie für das Festlegen der Radien. Die Resonanzfrequenz eines mit einem Dielektrikum gefüllten Resonators wird zuerst für einen isolierten Resonator berechnet, und alle erforderlichen Frequenzverschiebungen werden durch eine passende Einstellung der Lastkapazität vorgenommen.

Der Wirkungsgrad von Filtern, die eine Kaskadenanordnung von direkt gekoppelten Mikrowellenresonatoren verwenden (auf sie wird auch unter der Bezeichnung "reguläre Filter" Bezug genommen) kann verbessert werden durch die Einführung einer kapazitiven Kreuzkopplung derart, wie das im Vorstehenden beschrieben ist. Diese Verbesserung in höheren Ab-

schneideraten der Filterantwort und kleineren Verlusten des Durchlaßbandes zeigt. Mit anderen Worten, der Wirkungsgrad eines regulären Filters in Bezug auf höherer Abschaltraten in der Filterantwort und geringeren Verlusten des Durchlaßbandes kann durch ein kreuzgekoppeltes Filter erzielt werden, das eine kleinere Zahl von Resonatoren aufweist. Bei der Beschreibung zur Erreichung dieser Verbesserung wird eine aus dem Stand der Technik wohlbekannte Terminologie verwendet (siehe: Zwerev A., *ibid*; Levy R., "Filters with Single Transmission Zeros at Real or Imaginary Frequencies", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-24, No. 4, Seiten 127—181, 1976; Wenzel R., "Exact Design of Wideband Equal-Ripple Bandpass Filters with Non-adjacent Resonator Coupling", Intl. Microwave-Symposium S-MTT Seiten 125—125, 1976; Jokela K. T., "Narrow-band Stripline or Microstrip Filters with Transmission Zeros at Real and Imaginary Frequencies", IEEE Trans. on Microwave Theory and Technique, Vol. MTT-28, No. 6, Seiten 524—547, 1980).

Ein reguläres Filter kann in ein Filter mit einem zusätzlichen Übertragungsnullpunkt verwandelt werden, indem eine kleine Kreuzkopplungskapazität zwischen zwei nicht aufeinanderfolgende Resonatoren geschaltet wird, die vorzugsweise durch eine gerade Zahl von Resonatoren in der Kaskadenanordnung getrennt sind. Die Kreuzkopplung fügt einen Einschnitt auf einer oder beiden Seiten des Durchlaßbandes hinzu. Die Einführung von Übertragungsnullpunkten an Sperrbandfrequenzen dicht, aber nicht zu dicht an der Durchlaßbandkante, ergibt eine verbesserte Trennschärfe, das heißt, schärfere Flanken bei der Filterantwortkurve, geringeren Inband-Einfügeverlust und ein höhere Sperrung außerhalb des Durchlaßbandes, verglichen mit einem regulären Filter ohne Kreuzkopplung, das dieselben Ausmaße aufweist. Es sei angemerkt, daß die Einführung einer Kreuzkopplung die Filtertrennschärfe erhöht, wohingegen sie den Wirkungsgrad des Durchlaßbandes verschlechtert, was kompensiert werden kann, beispielsweise durch kleinere Einstellungen der Lastkapazität des Resonators.

Betrachtet man nun das Gestaltungsverfahren für ein Filter gemäß einer spezifischen Ausführungsform der Erfindung, so wird die Mittenfrequenz des Durchlaßbandes durch die Resonanzfrequenz der Resonatoren bestimmt, die abhängt von der Länge des inneren Leiters, die so gewählt wird, daß sie im wesentlichen einem Achtel oder weniger der Wellenlänge entspricht, und von der Lastkapazität am freien Ende des inneren Leiters. Der Einfluß der dielektrischen Konstante des Materials, das den Resonator füllt und der anderen Dimensionen des Resonators werden auf die vorstehend beschriebene Art berücksichtigt. Der Bereich für bevorzugte Werte für die Länge des inneren Leiters hängt von der Mittenfrequenz des Mikrowellenbandpaßfilters ab—beispielsweise kann bei niedrigeren Frequenzen, bei denen die Wellenlänge groß ist, die Länge des inneren Leiters bis auf 1/32 der Resonanzwellenlänge vermindert werden, wohingegen bei höheren Frequenzen die Länge bis auf ein Achtel oder etwas mehr der Resonanzwellenlänge erhöht werden kann.

Nach dem Festlegen der Länge des inneren Leiters wird die genaue Betriebsfrequenz des Filters durch den Wert der Lastkapazität festgelegt. Diese Kapazität kann auf zwei Arten eingestellt werden, indem die Größe der Scheiben 25 (Grobeinstellung) verändert wird, oder indem die Abstimmungsschrauben 36 verdreht werden (Feineinstellung). Die Durchlaßbandbreite wird wieder-

um durch die Kopplung zwischen aufeinanderfolgenden Resonatoren festgelegt.

Nachdem die Mittenfrequenz des Durchlaßbandes und die Bandbreite festgelegt wurden, sollte der Kreuzkopplungsmechanismus eingerichtet werden. Das erfordert das Auswählen von einem oder mehreren Paaren von nicht aufeinanderfolgenden Resonatoren, die durch eine gerade Anzahl von Resonatoren getrennt sind (beispielsweise Resonator 4 und 10 in Fig. 1), und weiter das Einbringen einer Kreuzkopplungsvorrichtung zwischen ihnen, das heißt einer Kreuzkopplungsöffnung und Verlängerungsteile, wie dies oben genau beschrieben wurde. Der Wert der Kreuzkopplungskapazität kann in zwei Stufen festgelegt werden. Eine Grobabstimmung der Kreuzkopplungskapazität kann man erzielen durch ein Beschneiden der Verlängerungsteile, um somit die Lücke 42 zwischen den Verlängerungsteilen 40 (siehe Fig. 2) zu erhöhen, was eine Verminderung der Kreuzkopplungskapazität und eine damit verbundene Verschiebung des Einschnitts weg vom Durchlaßband bewirkt. Eine Feinabstimmung der Kreuzkopplungskapazität wird durch ein Verdrehen der Einstellschraube 37 erreicht. Indem die Einstellschraube dichter auf die Lücke 42 zu gedreht wird, wird die Kreuzkopplung vermindert, und umgekehrt. Das gestattet eine sehr genaue Einstellung der Einschnittfrequenz. Die Kreuzkopplungskapazität wird auch durch die Größe der Kreuzkopplungsöffnung 34 beeinflusst, die klein genug sein muß, um eine direkte Kopplung zwischen den Resonatoren zu verhindern, aber groß genug, um eine ungestörte kapazitive Kopplung zwischen den Verlängerungsteilen 40 zu gestatten.

Fig. 5 zeigt die übertragene Energie in Dezibel am Ausgangsanschluß 28 bezogen auf die Eingangsleistung am Eingangsanschluß 27 für ein Bandpaßfilter mit vier Resonatoren und einer Mittenfrequenz von $f_0 = 1,644$ GHz. Die Kurve A stellt ein reguläres Filter ohne Kreuzkopplung dar, während die Kurve B das gleiche Filter mit einer Kreuzkopplung zwischen den Resonatoren 4 und 10, mit den beiden dazwischenliegenden Resonatoren 6 und 8 darstellt. Wie man sieht, hat die Kurve B eine höhere Abschneiderate als die Kurve A. Die kapazitive Kreuzkopplung wird so eingestellt, daß die Frequenzeinschnitte bei $f_0 \pm \Delta f$ liegen, wobei $\Delta f \approx 0,085$ GHz beträgt.

Die Filtervorrichtung der Erfindung kann, wie angegeben, auch als ein (nicht gezeigtes) Diplexerfilter dienen, das zwei Filter des in Fig. 1 gezeigten Typs verwendet. In einer speziellen Ausführungsform verwendet das Diplexerfilter einen Fünf-Resonator-Filter und ein Vier-Resonator-Filter. Der erste Resonator in jedem Filter ist mit einem gemeinsamen Anschluß verbunden, mit dem eine Antenne verbunden ist. Der letzte Resonator des Vier-Resonator-Filters ist mit einem Sender für das Senden eines ersten Frequenzbereichs unter Verwendung der Antenne verbunden, und der letzte Resonator des Fünf-Resonator-Filters ist mit einem Empfänger zum Empfang in einem zweiten, vom ersten Bereich sich unterscheidenden Frequenzbereich, der aber dicht am ersten Frequenzbereich liegt, unter Verwendung derselben Antenne verbunden.

Fig. 6 zeigt die ausgesandte Energie in Dezibel im Verhältnis zur Eingangsleistung des Diplexers. Kurve A zeigt die Antwort des Fünf-Resonator-Filters und Kurve B zeigt die Antwort des Vier-Resonator-Filters. Wie man sieht, hat das Fünf-Resonator-Filter einen höheren Grad des Sperrens der außerhalb des Übertragungsbandes liegenden Frequenzen als das Vier-Resonator-

Filter, was beispielhaft das allgemeine Prinzip zeigt, daß je größer die Zahl der Resonatoren in der Kaskadenanordnung ist, desto höher ist der Grad des Sperrens der außerhalb des Übertragungsbandes liegenden Frequenzen.

In ähnlicher Art kann die Filtervorrichtung der Erfindung auch als ein (nicht gezeigtes) Multiplexerfilter dienen, das eine Anzahl von Filtern des in Fig. 1 gezeigten Typs verwendet, durch eine einfache Ausweitung des Diplexerfilters.

Obwohl die Erfindung in Bezug auf spezifische beispielhafte Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es klar, daß beabsichtigt ist, alle Modifikationen und Äquivalente innerhalb des Umfangs der angefügten Ansprüche abzudecken.

Patentansprüche

1. Eine Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtung (1) zur Übertragung eines Signal in einem gegebenen Frequenzband umfaßt:

ein Gehäuse (2) mit einer Kammer, die einen Boden (50) und einen gegenüber angeordneten Deckel (35) aufweist, wobei die Kammer mit Signaleingabe- (27) und Signalausgabeanschlüssen (28) versehen ist und eine Mikrowellenresonatorkaskadenanordnung beherbergt, bei welcher der erste Resonator (4) mit dem Eingabeanschluß (27) und der letzte Resonator (10) mit dem Ausgabeanschluß (28) verbunden ist, wobei die Kaskadenanordnung eine Vielzahl von Mikrowellenresonatoren (4, 6, 8, 10) umfaßt, von denen jeder einen äußeren Leiter (11, 12, 13, 14) und getrennt davon einen individuellen inneren Leiter (16, 18, 20, 22) aufweist, wobei sich jeder der inneren Leiter (16, 18, 20, 22) zwischen zwei entgegengesetzten Seiten der Kammer erstreckt, indem er an seinem festen Ende mit einer Seite der beiden gegenüberliegenden Seiten verbunden ist und an seinem freien Ende (25) im wesentlichen kurz vor der anderen Seite der beiden gegenüberliegenden Seiten endet, und einen ersten Abschnitt aufweist, der im wesentlichen elektrisch leitend ist und einen zweiten Abschnitt, der im wesentlichen elektrisch kapazitiv ist, so daß die Seite der Kammer gegenüber dem freien Ende (25) eine Lastkapazität mit dem freien Ende (25) ausbildet; wobei in der Kaskade von Mikrowellenresonatoren (4, 6, 8, 10) die Resonatoren in jedem aufeinanderfolgenden Paar direkt elektrisch gekoppelt sind und die Resonatoren mindestens eines Paares kapazitiv kreuzgekoppelt sind, wobei die kreuzgekoppelten Resonatoren (4, 10) dadurch gekennzeichnet sind, daß:

- (i) sie mindestens durch einen anderen Resonator der Kaskadenanordnung getrennt sind;
- (ii) sie im wesentlichen physikalisch nahe aneinander angeordnet sind, unter Zwischenfügung eines Teils ihres gemeinsamen äußeren Leiters; und
- (iii) die Kreuzkopplung durch eine kapazitive Kreuzkopplungsvorrichtung erzielt wird.

2. Filter (1) nach Anspruch 1, wobei mindestens ein Paar von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren (4, 10) durch eine gerade Zahl von Resonatoren in der Kaskadenanordnung getrennt ist.

3. Filter (1) nach den Ansprüchen 1 oder 2, wobei die Teile des inneren Raumes der Kammer, die nicht durch die inneren (16, 18, 20, 22) und äußeren

Leiter (11, 12, 13, 14) belegt sind, mit einem dielektrischen Material gefüllt sein können.

4. Filter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das aus einem Kammtyp besteht, in welchem die inneren Leiter (16, 18, 20, 22) der Vielzahl von Mikrowellenresonatoren sich alle von derselben Seite der Kammer aus erstrecken.

5. Filter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, das vom interdigitalen Typ ist, bei welchem die inneren Leiter (16, 18, 20, 22) der Vielzahl von Mikrowellenresonatoren sich wechselnd von einander entgegengesetzten Seiten der Kammer aus erstrecken.

6. Filter (1) nach einem der obigen Ansprüche, wobei die eine Seite der zwei sich gegenüberstehenden Seiten der Kammer der Boden (50) ist und die andere Seite der zwei sich gegenüberstehenden Seiten der Kammer der Deckel (35) ist.

7. Filter (1) nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Kammer in Hohlräume unterteilt ist, die sich in einer Linie mit dem äußeren Leiter befinden und einen im wesentlichen coaxialen inneren Leiter beherbergen.

8. Filter (1) nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Querschnittsform der inneren (16, 18, 20, 22) und der äußeren Leiter (11, 12, 13, 14) aus kreisförmigen oder polygonalen Formen ausgewählt ist.

9. Filter (1) nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Direktkopplung in Form einer Öffnung (30; 31; 32) im äußeren Leiterteil ausgebildet ist, das ein Paar aufeinanderfolgender Resonatoren (4, 6; 6, 8; 8, 10) in der Kaskadenanordnung trennt.

10. Filter (1) nach Anspruch 9, wobei die Öffnung sich mit einem Hauptteil der kapazitiven und induktiven Gebiete der direkt gekoppelten Resonatoren erstreckt.

11. Filter (1) nach einem der obigen Ansprüche, wobei die kapazitive Kreuzkopplungsvorrichtung des mindestens einen Paares von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren (4, 10) eine Kreuzkopplungsöffnung (34) in den äußeren Leiterteilen (11, 14) umfaßt, die die inneren Leiter (16, 22) des Paares voneinander trennt, und ein paar elektrisch leitender Verlängerungsteile (40), die sich in voneinander beabstandeter Beziehung zueinander erstrecken, wobei sich jedes der Verlängerungsteile (40) von einem der Paare der inneren Leiter (16, 22) aus erstreckt.

12. Filter (1) nach Anspruch 11, wobei die Kreuzkopplungsöffnung (34) hauptsächlich im kapazitiven Bereich des mindestens einen Paares von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren (4, 10) angeordnet ist, was zu einer Erhöhung der Kreuzkopplungskapazität beiträgt.

13. Filter (1) nach den Ansprüchen 11 oder 12, wobei die leitenden Verlängerungsteile (40) leitende Drähte sind.

14. Filter (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die leitenden Verlängerungsteile (40) flache Endabstandshalter aufweisen.

15. Filter (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die leitenden Verlängerungsteile (40) gebogene Endteile aufweisen.

16. Filter (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei die beabstandete Beziehung der beiden leitenden Verlängerungsteile (40) erzielt wird, indem beide kurz voneinander enden.

17. Filter (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei die beabstandete Beziehung der beiden lei-

tenden Verlängerungsteile (40) erzielt wird durch sich gemeinsam erstreckende, voneinander beabstandete Endteile.

18. Filter (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 17, wobei die leitenden Verlängerungsteile (40) durch ein dielektrisches Material getrennt sind.

19. Filter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter enthaltend eine Kreuzkopplungsfeinabstimmvorrichtung für ein Verändern des Wertes der Kreuzkopplungskapazität.

20. Filter (1) nach Anspruch 19, wobei die Kreuzkopplungsfeinabstimmvorrichtung eine Abstimmungsschraube (37) enthält, die durch den Deckel (35) in die Kreuzkopplungsöffnung (34) in der Nähe der Lücke (42) zwischen dem Paar leitenden Verlängerungsteile (40) führt.

21. Filter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der innere Leiter mit einer Kapazitätsgrobeinstellvorrichtung zur Veränderung des Wertes der Lastkapazität versehen ist.

22. Filter (1) nach Anspruch 21, wobei die Kapazitätsgrobeinstellvorrichtung aus einer dünnen leitenden Scheibe (25) besteht, die den inneren Leiter abdeckt und einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durchmesser des inneren Leiters.

23. Filter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Seite der Kammer gegenüber dem freien Ende der inneren Leiter aus dem abnehmbaren Deckel (35) besteht.

24. Filter (1) nach Anspruch 23, wobei die Lastkapazität durch eine Abstimmungsschraube (36) verändert werden kann, die durch den Deckel direkt gegenüber dem freien Ende jedes inneren Leiters führt.

25. Multiplexermikrowellenbandpaßfiltervorrichtung mit: mindestens zwei Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtungen, von denen jede ein spezifisches Frequenzband überträgt, wobei keine Überlappung oder nur eine teilweise Überlappung mit dem Frequenzband auftritt, das von den anderen Vorrichtungen übertragen wird, wobei die mindestens zwei Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtungen ein gemeinsames Gehäuse teilen, wobei jede Filtervorrichtung einen getrennten Anschluß hat, der entweder als Eingabe oder als Ausgabe dient und mit einem Sender oder Empfänger verbunden ist, der in einem unterschiedlichen Frequenzband arbeitet, und einen gemeinsamen Anschluß für alle Filter, der für jeden Filter entweder als Eingang oder als Ausgang dient, wobei jede der mindestens zwei Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtungen eine Mikrowellenbandpaßfiltervorrichtung für die Übertragung eines Signals in einem vorgegebenen Frequenzband umfaßt mit

einem Gehäuse mit einer Kammer, die einen Boden und einen gegenüber angeordneten Deckel aufweist, wobei die Kammer mit Signaleingabe- und Signalausgabeanschlüssen versehen ist und eine Mikrowellenresonatorkaskadenanordnung beherbergt, bei welcher der erste Resonator mit dem Eingabeanschluß und der letzte Resonator mit dem Ausgabeanschluß verbunden ist, wobei die Kaskadenanordnung eine Vielzahl von Mikrowellenresonatoren umfaßt, von denen jeder einen äußeren Leiter und getrennt davon einen individuellen inneren Leiter aufweist, wobei sich jeder der inneren Leiter zwischen zwei entgegengesetzten Seiten der Kammer erstreckt, indem er an seinem festen Ende mit einer Seite der beiden gegenüberliegenden Sei-

ten verbunden ist und an seinem freien Ende im wesentlichen kurz vor der anderen Seite der beiden gegenüberliegenden Seiten endet, und einen ersten Abschnitt aufweist, der im wesentlichen elektrisch leitend ist und einen zweiten Abschnitt, der im wesentlichen elektrisch kapazitiv ist, so daß die Seite der Kammer gegenüber dem freien Ende eine Lastkapazität mit dem freien Ende ausbildet; wobei in der Kaskade von Mikrowellenresonatoren die Resonatoren in jedem aufeinanderfolgenden Paar direkt elektrisch gekoppelt sind und die Resonatoren mindestens eines Paares kapazitiv kreuzgekoppelt sind, wobei die kreuzgekoppelten Resonatoren dadurch gekennzeichnet sind, daß:

- (i) sie mindestens durch einen anderen Resonator der Kaskadenanordnung getrennt sind;
- (ii) sie im wesentlichen physikalisch nahe aneinander angeordnet sind, unter Zwischenfügung eines Teils ihres gemeinsamen äußeren Leiters; und
- (iii) die Kreuzkopplung durch eine kapazitive Kreuzkopplungsvorrichtung erzielt wird.

26. Multiplexer nach Anspruch 25, wobei mindestens ein Paar von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren durch eine gerade Zahl von Resonatoren in der Kaskadenanordnung getrennt sind.

27. Multiplexer nach den Ansprüchen 25 oder 26, wobei die Teile des inneren Raumes der Kammer, die nicht durch die inneren und äußeren Leiter belegt sind, mit einem dielektrischen Material gefüllt sein können.

28. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25–26, der aus einem Kammtyp besteht, in welchem die inneren Leiter der Vielzahl von Mikrowellenresonatoren sich alle von derselben Seite der Kammer aus erstrecken.

29. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 26, der vom interdigitalen Typ ist, bei welchem die inneren Leiter der Vielzahl von Mikrowellenresonatoren sich wechselnd von einander entgegengesetzten Seiten der Kammer aus erstrecken.

30. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 28, wobei die eine Seite der zwei sich gegenüberstehenden Seiten der Kammer der Boden ist und die andere Seite der zwei sich gegenüberstehenden Seiten der Kammer der Deckel ist.

31. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 29, wobei die Kammer in Hohlräume unterteilt ist, die sich in einer Linie mit dem äußeren Leiter befinden und einen im wesentlichen coaxialen inneren Leiter beherbergen.

32. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 30, wobei die Querschnittsform der inneren und der äußeren Leiter aus kreisförmigen oder polygonalen Formen ausgewählt ist.

33. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 32, wobei die Direktkopplung in Form einer Öffnung im äußeren Leiterteil ausgebildet ist, das ein Paar aufeinanderfolgender Resonatoren in der Kaskadenanordnung trennt.

34. Multiplexer nach Anspruch 32, wobei die Öffnung sich mit einem Hauptteil der kapazitiven und induktiven Gebiete der direkt gekoppelten Resonatoren erstreckt.

35. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 33, wobei die kapazitive Kreuzkopplungsvorrichtung des mindestens einen Paares von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren eine Kreuzkopp-

lungsöffnung in den äußeren Leiterteilen umfaßt, die die inneren Leiter des Paares voneinander trennt, und ein paar elektrisch leitender Verlängerungsteile, die sich in voneinander beabstandeter Beziehung zueinander erstrecken, wobei sich jedes der Verlängerungsteile von einem der Paare der inneren Leiter aus erstreckt.

36. Multiplexer nach Anspruch 34, wobei die Kreuzkopplungsöffnung hauptsächlich im kapazitiven Bereich des mindestens einen Paares von kapazitiv kreuzgekoppelten Resonatoren angeordnet ist, was zu einer Erhöhung der Kreuzkopplungskapazität beiträgt.

37. Multiplexer nach den Ansprüchen 34 oder 35, wobei die leitenden Verlängerungsteile leitende Drähte sind.

38. Multiplexer nach einem der Ansprüche 34 bis 36, wobei die leitenden Verlängerungsteile flache Endabstandshalter aufweisen.

39. Multiplexer nach einem der Ansprüche 34 bis 37, wobei die leitenden Verlängerungsteile gebogene Endteile aufweisen.

40. Multiplexer nach einem der Ansprüche 34 bis 38, wobei die beabstandete Beziehung der beiden leitenden Verlängerungsteile erzielt wird, indem beide kurz voneinander enden.

41. Multiplexer nach einem der Ansprüche 34 bis 39, wobei die beabstandete Beziehung der beiden leitenden Verlängerungsteile erzielt wird durch sich gemeinsam erstreckende, voneinander beabstandete Endteile.

42. Multiplexer nach einem der Ansprüche 34 bis 40, wobei die leitenden Verlängerungsteile durch ein dielektrisches Material getrennt sind.

43. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 41, weiter enthaltend eine Kreuzkopplungsfeinabstimmungsvorrichtung für ein Verändern des Wertes der Kreuzkopplungskapazität.

44. Multiplexer nach Anspruch 42, wobei die Kreuzkopplungsfeinabstimmungsvorrichtung eine Abstimmungsschraube enthält, die durch den Deckel in die Kreuzkopplungsöffnung in der Nähe der Lücke zwischen dem Paar leitenden Verlängerungsteile führt.

45. Multiplexer nach einem der Ansprüche 25 bis 43, wobei der innere Leiter mit einer Kapazitätsgrobeinstellvorrichtung zur Veränderung des Wertes der Lastkapazität versehen ist.

46. Multiplexer nach Anspruch 44, wobei die Kapazitätsgrobeinstellvorrichtung aus einer dünnen leitenden Scheibe besteht, die den inneren Leiter abdeckt und einen Durchmesser aufweist der größer ist als der Durchmesser des inneren Leiters.

47. Multiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Seite der Kammer gegenüber den freien Ende der inneren Leiter aus dem abnehmbaren Deckel besteht.

48. Multiplexer nach Anspruch 47, wobei die Lastkapazität durch eine Abstimmungsschraube verändert werden kann, die durch den Deckel direkt gegenüber dem freien Ende jedes inneren Leiters führt.

- Leerseite -

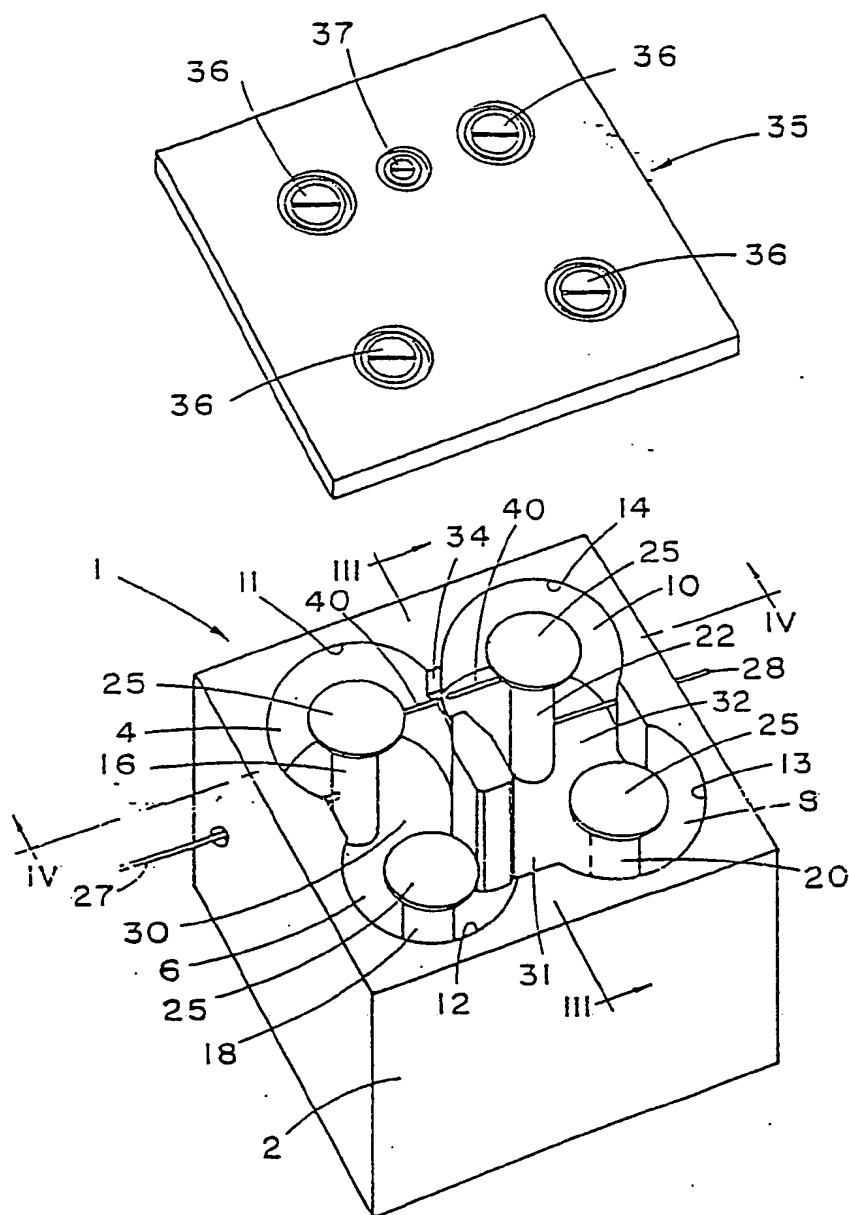


Fig. 1

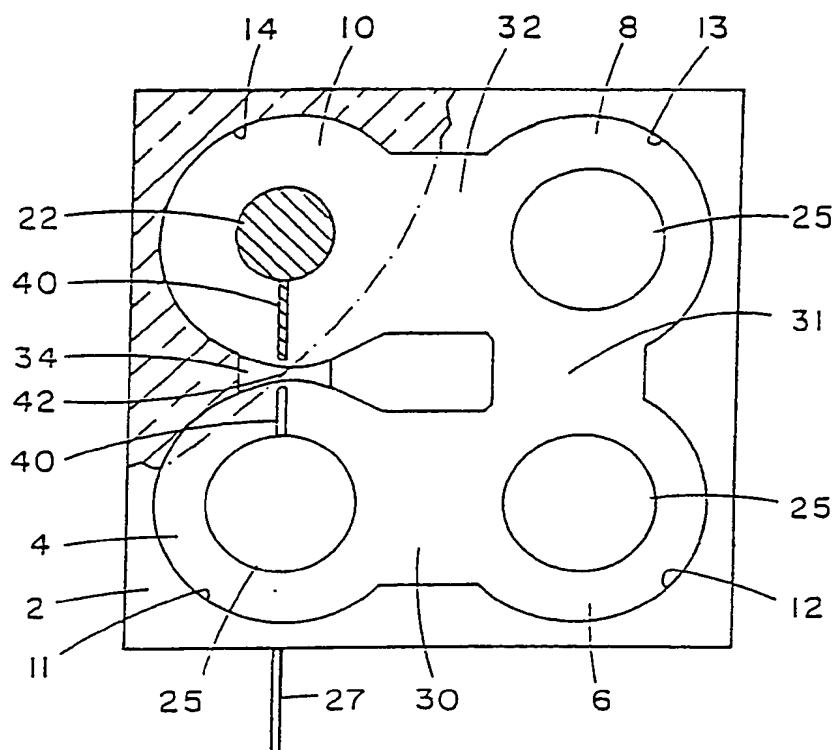


Fig. 2

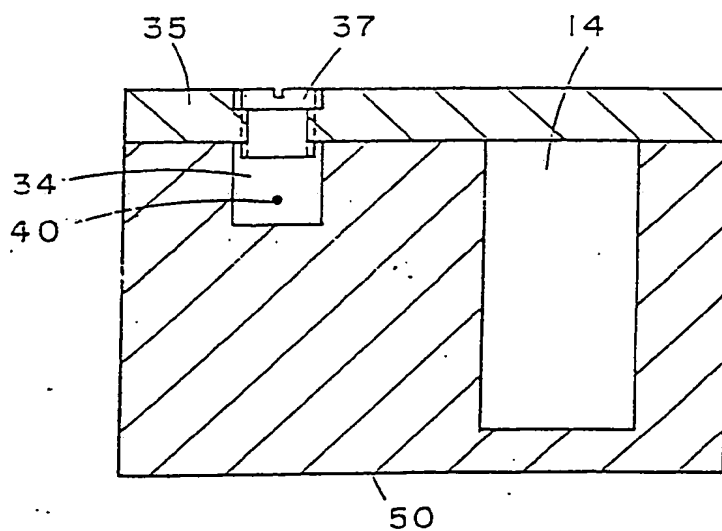


Fig. 3

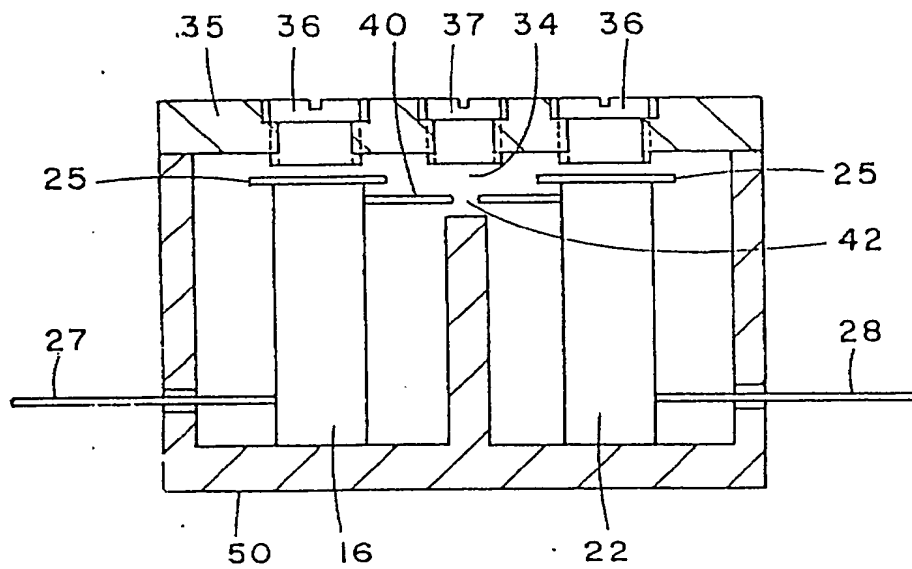


Fig. 4

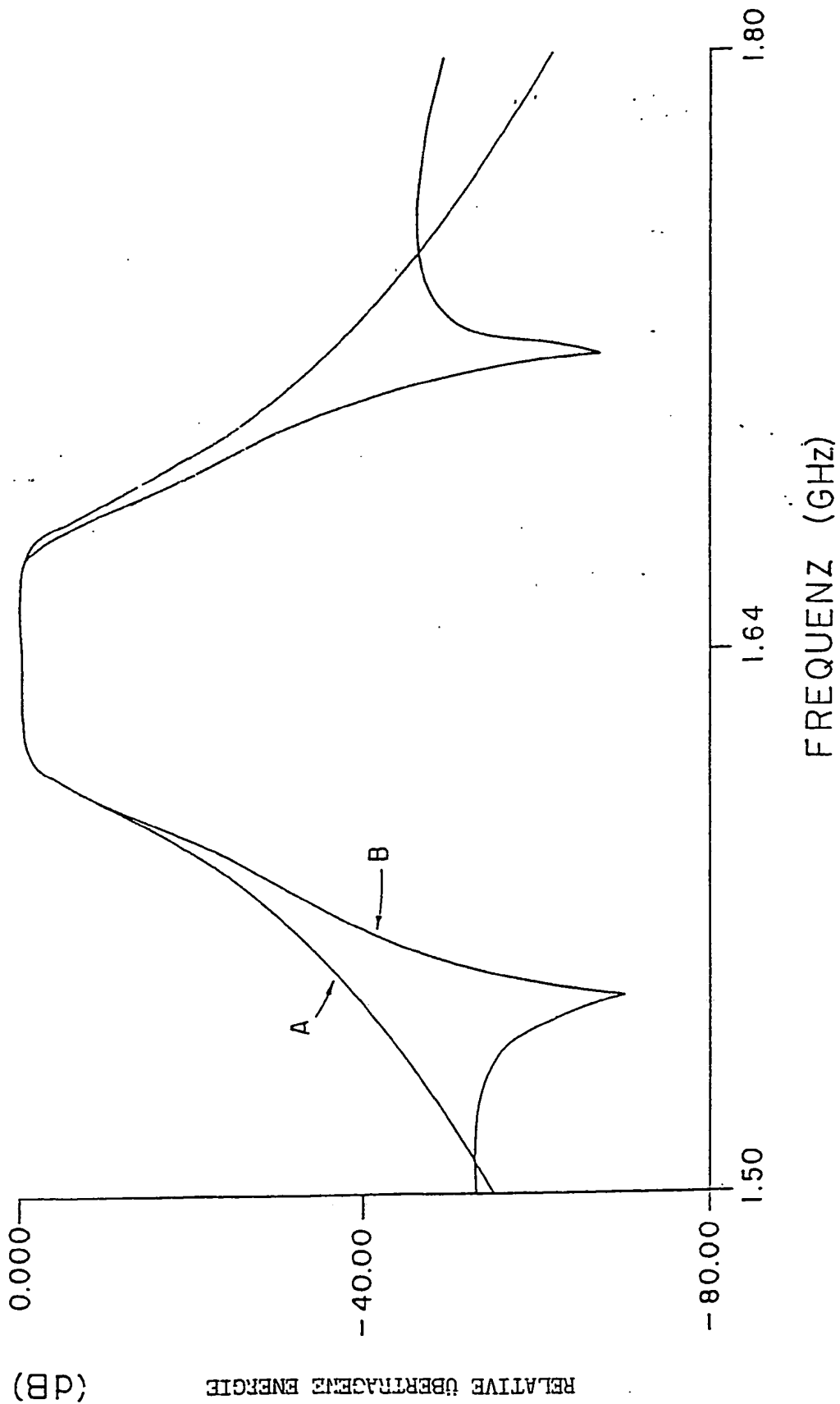


Fig. 5

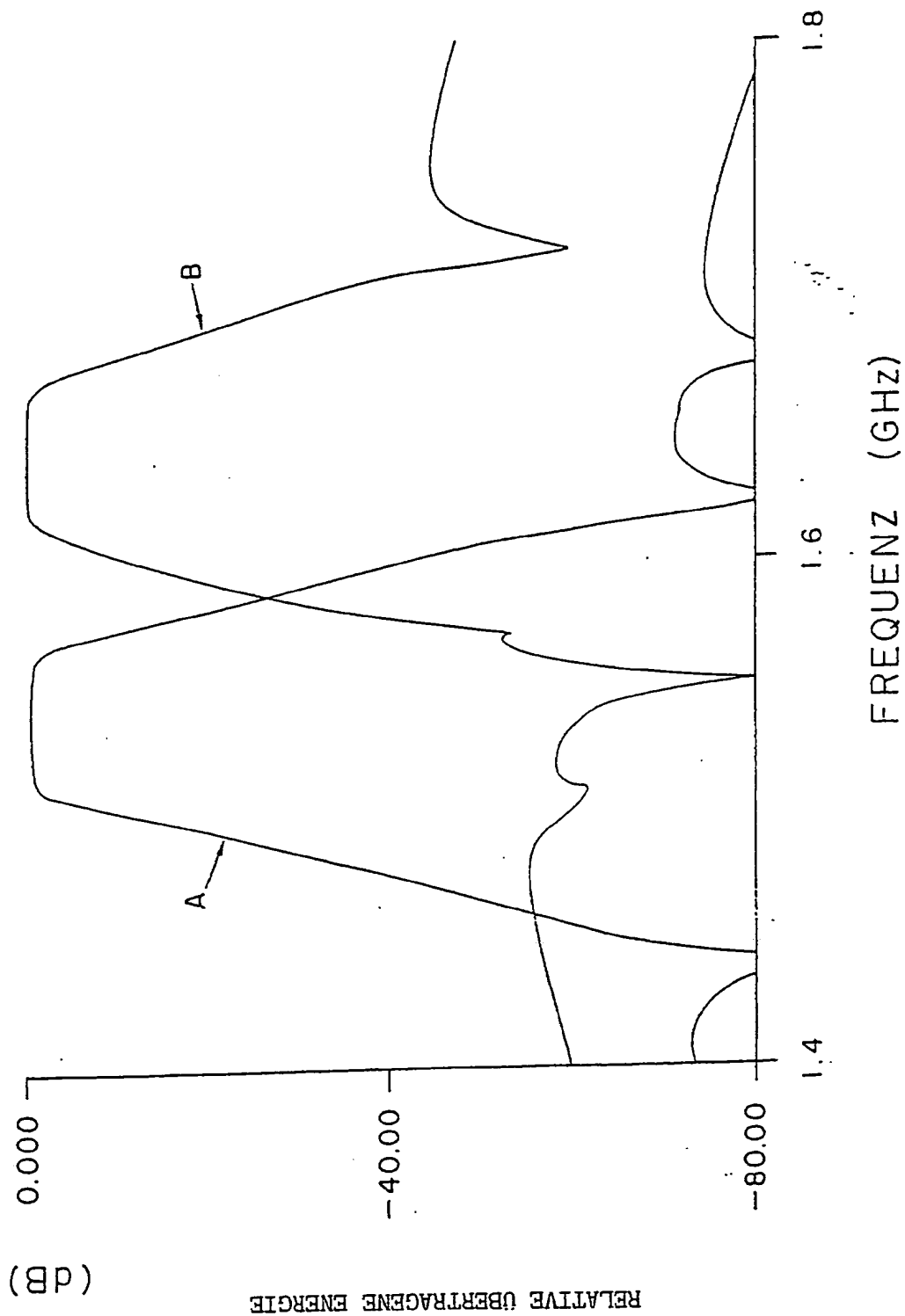


Fig. 6